

Magnetresonantstomograafiaga seotud riskid ja ohutuse tagamine

Hanna-Kristiina Liiva¹, Mait Nigul¹, Pilvi Ilves^{1,2}

Eesti Arst 2020;
99(1):16–21

Saabunud toimetusse:
23.08.2019
Avaldamiseks vastu võetud:
25.10.2019
Avaldatud internetis:
27.01.2020

¹ Tü Kliinikumi radioloogia-
kliinik,
² Tü kliinilise meditsiini
instituudi radioloogiakliinik

Kirjavahetajaautor:
Hanna-Kristiina Liiva
hanna-kristiina.liiva@kliinikum.ee

Võtmesõnad:
magnetresonants-
tomograafia, patsiendi
ohutus

Magnetresonantstomograafia (MRT) on nüüdisaegne radioloogiline uurimismeetod, mis võimaldab kompuutertomograafiaga (KT) võrreldes paremini hinnata keha eri piirkondade pehmete kudede seisundit. Erinevalt KT- ja röntgenuuringutest ei kasutata MRTs patsienti kahjustavat ioniseerivat röntgenikiirgust. Kujutis patsiendi uuritavast piirkonnast luuakse mitteioniseeriva elektromagnetkiirguse abil.

MRT-uuringute arv on aastate jooksul järjest suurenenud, kuna uurigu näidustusi on erialadel aina rohkem. Kui 2009. aastal tehti Tartu Ülikooli Kliinikumis MRT-uuringuid ca 6000 patsiendile, siis nüüdseks on see arv kasvanud 12 000-ni. Peale uuritavate arvu suurenemise on aja jooksul lisandunud üha keerulisemaid uuringuid (näiteks kardioloogia ja neuroloogia vallas), mida 10 aasta eest peaaegu ei tehtud ning mille tegemiseks kulub rohkem aega.

Arvestades järjest suurenevat MRT-uuringute arvu, on oluline tähelepanu pöörata MRT-uuringuga kaasnevatele riskidele.

MRT-uuring

MRT-s luuakse kujutis tugevas staatilises magnetväljas. Enim kasutatud väljatugevus kliinilises praktikas on 1,5 või 3 teslat (T). Tesla on magnetilise induksiooni SI-ühik ning 1 tesla on ligikaudu 20 000 korda tugevam Maa magnetväljast. Lisaks staatilisele magnetväljale kasutatakse MRT-ülesvõtte tegemisel ka ajas muutuva gradientmagnetvälju ja raadiosageduslikku magnetvälja. Uuringuruum on varjestatud Faraday puuriga, selleks et väliskeskkonnast ei satuks elektromagnetkiirgust uuringuruumi. MRT-uuringuruumi tohib siseneda ainult eritingimustel.

Staatiline magnetväli on MRT-aparaadi vahetus läheduses alati sisse lülitatud, s.o ka siis, kui MRT-seadmega parasjagu uuringut ei tehta, ning inimene on uuringuruumis alati staatilise magnetvälja mõjupiirkonnas. Seetõttu on välja töötatud kindlad eeskirjad, kes ja mis tingimustel võib MRT-ruumi siseneda. Radioloogiapersonali ülesanne on tagada, et uuringuruumi ei siseneks inimesed, kes pole teadlikud tugeva magnetväljaga kaasnevatest ohtudest, ja et nad ei tooks uuringuruumi magneetuvaid esemeid, mis võivad ohustada patsientide ja personali elu ning tervist.

Enne uuringut küsitletakse kõiki patsiente kehas olevate võimalike seadmete ja metallist võõrkehade kohta. Kehas

olev võõrkeha võib tugevasse magnetvälja sattudes avaldada patsiendile eluohtlikku mõju sõltumata uuringu piirkonnast. Nii näiteks on tundmatust materjalist aneurüsmi-klips peaaegu ka põlveliigese MRT-uuringu vastunäidustuseks, sest tugevas staatilises magnetväljas võib klipsile mõjuv jõud ja pöördemoment olla patsiendile eluohtlikud.

Euroopa Liidu määruse 2017/745 järgi peab teave implanteeritud seadmete ja materjalide kohta olema nii patsiendi enda käes kui ka kiiresti kättesaadav patsiendi haigusloost. Tervishoiuasutused peavad säilitama infot implanteeritud seadme kohta eelistatult elektroonselt haigusloos (1). Kui enne uuringut ei õnnestu kehas oleva võõrkeha omadusi ja sellega seotud võimalikku magnetuuringuriski kindlaks teha, siis üldjuhul hinnatakse riski suuremaks kui uuringust saadavat kasu ja uuringut ei tehta. Samuti ei tehta magnetuuringut tundmatule ja teadvusetule patsiendile, kelle eelnevate terviseprobleemide kohta puudub info.

Lisaks võimalikele kehasisestele seadmetele ja võõrkehadele võivad suureks ohuks olla ka kehavälised esemed. Uuringuruumi ei tohi sattuda tugevalt magneetuvaid ferromagneetilisi esemeid, mis magnetvälja jõul võivad paiskuda seadmesse ja halvemal juhul ohustada nii patsiendi kui ka personali elu ja rikkuda aparatuuri. Aastakümnete jooksul

on dokumenteeritud mitmeid surmaga lõppenud juhtumeid, kus metallist ese on hakanud magnetvälja jõul liikuma ning patsient jäänud eseme ja MRT-masina vahele (2). 2001. aastal ilmus uudis New Yorgis 6aastase poisi surmaga lõppenud juhtumist. Peapiirkonna MRT-uuringu ajal sattus ruumi hapnikuballoon, mis magnetvälja jõul paiskus masina sisemusse ning tabas poisi pead (3). Üks viimaseid sellelaadseid juhtumeid oli 2018. aastal Indias, kus hapnikuballoon ruumi sisse kandnud 32aastane mees jäi ballooni ja magneti vahele ning sai surmavaid vigastusi (4). On teada antud teistestki juhtumitest, mis on seotud suurte esemete, nagu ratastooli, defibrillaatori jms liikuma hakkamisega uuringuruumis (2). Hädalukorras, kui ohus on inimese elu, on võimalik nn *quench*-nupu abil staatiline magnetväli siiski mõnekümne sekundiga kaotada, kuid magnetvälja taastamine on kallis ning lisaks ajakulule võib see kahjustada aparati.

Seetõttu peavad MRT-üksuses töötavad radioloogiatehnikud kontrollima ka uuringuruumi sattuvaid teisi isikuid (sh kogu muu haiglapersonali), et vältida metallesemete sattumine uuringuruumi. Kõik seadmed, näiteks narkoosiaparaadid, perfuusorid, ratastoolid jt patsiendi transpordivahendid peavad uuringuruumis olema mittemagneetuvast materjalist ja tootja poolt ette nähtud spetsiaalselt MRT-uuringuruumis kasutamiseks. Regulaarne koolitus MRT ohutuse kohta haiglapersonalile, kes satub MRT-kabinetti, aitab vähendada võimalike raskete intsidentide riski.

Magnetvälja ning seadmete/implantaatide omavaheline toime

Magnetväli mõjutab kehas olevaid implantaate ja seadmeid mitmeti. Organismis olevad tehismaterjalid (implantaadid, klipsid, stimulaatorid jms) võivad sõltuvalt oma füüsikalistest omadustest staatilises magnetväljas põhjustada patsiendile vaevusi, magnetväli võib kahjustada seadet/materjali ja seadmed/implantaadid võivad põhjustada MRT-kujutistel artefakte (moonutusi). Mittemagneetuvate ja vähemagneetuvate implantaatide korral on MRT-uuring patsiendile ohutu, kui järgitakse implantaadi infolehes olevat MRT-uuringuga seotud infot. Teatud juhtudel muudavad võõrkehast tingitud kujutisartefaktid uuringu hindamise raskeks või lausa võimatuks

ning uuringu väärtuse ja informatiivsuse väikeseks (5).

Üks olulisemaid ohukohti on magneetuvast metallist seadmete/implantaatide liikuma hakkamine staatilise magnetvälja gradiendi tekitatud jõu või pöördemomendi toimel. Sel juhul sõltub ohtlikkus implantaadi asukohast ning elutähtsate struktuuride (närvüsteem, veresoone ja pehmed koed) lähedusest. Kui seade/implantaat on kindlalt fikseeritud (nt luumurdude fiksatsiooniplaat, põlve eesmise ristatistideme plastikas kasutatav kruvi) või esineb selle ümber sidekude ning pehmed koed, näiteks teatud sapipõieklipside korral, on väiksem magneetiline jõud ohutu. Samas, kui pole teada näiteks aju veresooneklipsi materjal, siis ühtegi MRT-uuringut ei tehta, kuna risk veresooneklipsi liikumiseks on suurem kui võimalik kasu ükskõik millise kehapiirkonna uuringust.

Magnetväljas võivad väikesed metallilised objektid, näiteks aneurüsmiklipsisid, hemostaatilised klipsisid, südameklapiproteesid jms vähesel määral soojeneda. Enam võivad soojeneda piklikud implantaadid, näiteks traadid, juhtmed/elektroodid. Elektriliste seadmete korral võib uuringu ajal tekkida neis elektrivool, põhjustades lisaks soojenemisele seadme töö häirimise. Eriti oluline on seda meeles pidada südamestimulaatorite, kohleaarimplantaatide ning neurostimulatsioonisüsteemide korral (5).

Kardioloogilised seadmed ja implantaadid

Südamerütmurid (elektrilised kardiostimulaatorid – EKS) ja implanteeritavad kardio-defibrillaatorid (*implantable cardioverter defibrillators* – ICD) parandavad elukvaliteeti ja vähendavad südamehaigete suremust. Nende seadmete paigalduseks on mitmeid näidustusi (nt südamepuudulikkus, teatud südamerütmihäired, kardiomüopaatia) (6, 7). Ainuüksi USAs on üle 2 miljoni inimese, kellel on paigaldatud EKS või ICD ning hinnanguliselt 50–75%-l neist tekib oma järgneva elu jooksul MRT-uuringu näidustus (8, 9).

MRT-uuring on kardioloogilise seadmega patsiendile potentsiaalselt eluohtlik, mistõttu on vajalik detailne info seadme kohta (tootja, mudel, materjal, seeria-number). Magnetväli võib põhjustada elektroonilise seadme eri osade (generaatori ja/või elektroodide) liikumist või

vibratsiooni, seadme töö ajutist või püsivat muutmist või kahjustumist, elektroodide liigset kuumenemist või neis elektrivoolu teket, elektromagnetilist segamist, seadme juhuslikku aktivatsiooni või südame töö ebatäpset registreerimist. Täpsem mõju seadmetele sõltub konkreetsest seadmest ning kasutatavast elektroonikast, aga ka MRT magnetvälja tugevusest ning uuringu tüübist (mis anatoomilist piirkonda uuritakse, kasutatavatest mähistest, skaneerimise režiimist jm).

Enamik MRT-uuringutel tekkinud tervist kahjustavaid juhtumeid on seostatud vanemat tüüpi EKSide mudelitega (10). Varem teada antud surmajuhtumite tõttu oli vanemat tüüpi EKSi/ICD olemasolu MRT-uuringu absoluutseks vastunäidustuseks (11). Suur osa Eestis implanteeritud EKSe on vanemat tüüpi ja tootja ei ole neile andnud MRTs kasutamise luba. Üha rohkem on uuemate EKSide kohta kirjutatud artikleid, kus on näidatud, et kontrollitud tingimustes on MRT-uuring nendele patsientidele ohutu (10, 12, 13). Samas ei ole tihtipeale teada, mis näidustusel on stimulaator või defibrillaator paigaldatud ning kas nende töö võib ajutiselt peatada.

Tartu Ülikooli Kliinikumis ja Põhja-Eesti Regionaalhaiglas kasutusel oleva juhendi kohaselt tohib ka uuemat tüüpi südamestimulaatori või defibrillaatoriga, mille tootja on MRTsse lubanud, igasugusele MRT-uuringule tulla ainult pärast rütmoloogi konsultatsiooni. Rütmoloog vaatab seadme üle ja annab kirjaliku nõusoleku uuringuks juhul, kui seadme töö katkestamine on patsiendile ohutu. Pärast uuringu lõppu seadistab rütmoloog seadme uuesti. Vanemaid mudeleid pole võimalik seadistada ning seega ei ole nendega patsiendid mitte mingil juhul MRT-uuringule lubatud.

Kohleaarimplantaadid

Kohleaarimplantaat on elektrooniline seade, mis muudab helisignaali elektriimpulssideks, mis omakorda stimuleerivad kuulmisnärvi kohleaarneuroneid ning info edastatakse aju kuulumiskeskusesse (14).

Kohleaarimplantaatidega patsientidele on MRT-uuring vastunäidustatud, v.a juhul, kui konkreetne seade on teatud tingimuste tagamisel MRTs lubatud („MRT conditional”) ja uuring ohutu. MRT-uuringuks sobimatu implantaat võib vigastada patsienti, näiteks kui see kohalt nihkub. Staatile magnetvälja

võib kahjustada implantaati või seade ise tekitada uuringus artefakte ning seeläbi muuta kujutiste hinnatavust. Seega võib sellise seadmega MRT-seadme lähedusse minna vaid juhul, kui on olemas juhised, mis tagavad implantaadi ohutuse, muul juhul uuringut ei tehta (10, 15).

On olemas kohleaarimplantaate, mille magnetiline osa on välja võetav. Enne uuringule minekut peab raviarst sellise osa eemaldama ning hiljem saab selle tagasi asetada. Vastasel juhul võib MRT tugev staatile väli demagnetiseerida implantaadis oleva magneti. Kohleaarimplantaatide kehaväline osa tuleb samuti enne uuringut eemaldada, sest magnetväli võib seadet kahjustada. Pärast seadme eemaldamist võib uuringu teha (10).

Ajuklipsid

Aneurüsmide korral kasutatavate ning ainult pehmete kudede seotud ajuklipside ohutus magnetväljas sõltub klipsi materjalist. Magneetuvate veresoonte klipside korral on MRT-uuring vastunäidustatud, sest magnetväljas mõjuvad jõud võivad põhjustada klipside nihkumist ning seeläbi vigastada patsienti või põhjustada tema surma. MRT-uuring on vastunäidustatud, kui klipsid on tehtud roostevabast terasest või muust ferromagneetilisest materjalist. Seevastu mittemagneetuvast või vähe magneetuvast materjalist klipsidega patsiendid on lubatud MRT-uuringule, kuid sel juhul on oluline, et materjal on teada (10, 17).

Sarnaselt EKSidega peab olema ajuklipsi kohta haigusloos ja patsiendi käes detailne info (sh tootja, tüüp/mudel, materjal, seerianumber). Ainult mittemagneetuvaid või nõrgalt magneetuvaid klipse lubatakse magnetvälja. Tootja varustab sellekohase infoga klipsi etiketi ning klipsi paigaldav kirurg vastutab selle info säilitamise ja edastamise eest patsiendile ning dokumentatsioonis kajastamise eest. Enne uuringule saatmist tuleb arvestada klipsil testitud ning uuringus kasutatava staatile magnetvälja suurust ja sobivust klipsiga (10). On üks dokumenteeritud juht, kus patsient suri magnetuuringul ajus oleva klipsi nihkumise ja pöördumise tõttu, sest valesti identifitseeritud klipsil alahinnati selle ferromagneetilisi omadusi (16). Kui infot ajuklipside materjali kohta ei ole võimalik enne uuringut saada, peetakse riski suureks ja MRT-uuringut ei tehta.

Lisaks tuleb arvestada ajus olevate klipside korral artefaktide tekkimisega. Nii näiteks võib teatud tüüpi 25 mm pikkune klips põhjustada gradientkaja skaneerimisrežiimis 5 cm läbimõõduga artefakti, tekitades u 1300 mm² suuruse tühimiku kujutisel, muutes klipsi ümbritsevate kudede hindamise võimatuks. On teada, et mõnedes MRT skaneerimisrežiimides on kujutitsel ulatuslikumad artefaktid, aga on ka skaneerimisrežiime, mille korral artefakte on vähem.

Veresooneklipsid

Sarnaselt ajuklipsidega on oluline teada klipsi materjali, vastasel juhul ei ole uuring patsiendile ohutu. Vaskulaarseid klipse ning stente, näiteks veresoonte ligeerimiseks mõeldud klipse, mis on biolagunevad või valmistatud mittemagneetuvast materjalist, peetakse MRT-uuringul ohutuks. Siiski leidub teatud klipse, mida kasutatakse seedetraktis endoskoopial märgistamiseks, hemostaasiks või perforatsioonide sulgemiseks ning mis on MRTs vastunäidustatud. Enne uuringut tuleb kindlaks teha, et neid enam seedetraktis ei ole (10, 18).

Südame ja veresoonte klapi proteesid ja stendid

Südame klapiproteese ja annuloplastika rõngaid on uuritud magnetväljas, mille tugevus on kuni 4,7 teslat. Selgus, et enamikul olid magnetväljast tingitud jõud mõõdetavad, ent võrreldes südame enda töötamisest tingitud jõududega väikesed. Siiani pole klapiproteeside uurimisel leitud, et nende soojenemine magnetväljas ulatuks olulise tasemeni. MRT-uuringuid magnetväljas kuni 3 teslat (kaasa arvatud) peetakse klapiproteeside ja annuloplastika rõngastega patsientidele ohutuks (10, 19). Samas tuleb siiski meele pidada, et kõiki proteese pole testitud ning on teada vähemalt üks mudel, millel on magneetuvaid komponente (10).

Koronaararterite ja suuremate arterite stentidega patsiendile on MRT-uuringud ohutud, kui on kasutatud mitte- või vähemagneetuvaid materjale. Sellistest materjalidest tehtud stentides on leitud vähest soojenemist ja minimaalset vastastikust mõju magnetväljaga. Suurte veresoonte vähemagneetuvast metallist stentide korral soovatakse uuring teha mitte varem kui 6–8 nädalat pärast stendi paigaldamist,

koronaararterite stentide korral võib ooteaeg olla lühem (10, 19).

Metall silmas või mujal kehas

Patsiendil, kellel on anamneesis metallilise esemega vigastus, tuleb teha kindlaks, et kehasse pole jäänud metallifragmente, mis võivad staatilises magnetväljas liikuma hakata, nihkuda või teatud juhtudel kuume-nema hakata.

1986. aastal avaldatud uuringus kirjeldata, kuidas 63aastane meespatsient jäi MRT-uuringu järel ühest silmast pimedaks. Metallitöötajana oli talle varem sattunud silma metallikild, kuid seda enne uuringut ei teatud ning see hakkas magnetväljas liikuma. (20). See on üks väheseid raskemaid MRTga seotud silmakahjustuse juhtumeid (10, 21).

Selleks, et kahtluse korral metallilisele võõrkehale silmas enne MRT-uuringut vältida asjatut kiirguskoormust ja kulu, tuleb esmalt uurida patsiendilt, kas tal on olnud silmatraumat. Jaatava vastuse korral tuleb täpsustada, kas seejärel tehti meditsiiniline läbivaatus ning kas metalliline fragment eemaldati silmast täielikult. Patsiendile võib teha MRT-uuringu ilma täiendavate uuringuteta, kui 1) traumata ei ole olnud, 2) silmaarsti kontrollil puudus vigastuse leid, 3) metalliline fragment eemaldati täielikult. Kui võõrkeha ei eemaldatud või jääb kahtlus, et silmas on võõrkeha, tuleb patsientidele teha lisaks röntgenuuring. Alles seejärel, kui on selge, et võõrkeha puudub, võib teha MRT-uuringu (22, 23).

Sarnaselt metalliliste võõrkehadega silmas on vaja välistada need ka mujal kehas, näiteks võimalikud kuulid, šrapnellikillud. Teada oleva vigastuse ning metallilise võõrkeha kahtluse korral on vaja patsienti röntgenoloogiliselt uurida ja alles siis on patsiendi ohutus MRT-uuringul tagatud (10).

Ortopeedilised implantaadid ja välisfiksatsioon

Enamik ortopeedilisi implantaate ja materjale ei põhjusta MRT-uuringule minevale patsiendile suuri probleeme. Kõige tugevamate ferromagneetiliste omadustega on kruvi, mida kasutatakse ristatiseideme implantaadi kinnitamiseks. MRT-uuringuid tugevusega 1,5 teslat on sellise kruviga patsientidele edukalt tehtud, sest kruvi kinnitub tugevalt luus ega hakka magnetväljas nihkuma, kuid võib põhjustada selles

piirkonnas kujutisel artefakte. Soovitatav on siiski kiireloomulise kliinilise näidustuse puudumise korral uurida patsienti alles 2–3 nädalat pärast operatsiooni (10).

Teatud tüüpi ortopeediliste implantaatide korral võib uuring olla ohtlik implantaadi pikkuse või voluluringi tekke tõttu, näiteks väliste fiksatsioonide korral. Oluline on jälgida tootja märget implantaadi MRT-uuringule sobivuse kohta. Välised fiksatsioonisüsteemid koosnevad erinevatest raamidest, klambritest, traatidest, pinnidest, kruvidest jms, mida kasutatakse ortopeedilistel ja rekonstruktiivsetel operatsioonidel. Välise fiksatsiooniga patsiendi sobivust MRT-uuringuks on keeruline hinnata, sest süsteem koosneb paljudest komponentidest ja konfiguratsioonidest (sh võimalikest elektrit juhtivatest materjalidest). Üheks põhiliseks murekohaks on sel juhul MRT-uuringuga seotud kuumenemine, mis sõltub konkreetsetest välisfiksatsiooni osistest ja nende paigutusest ning kavandatud MRT-uuringu parameetritest. 2007. aastal uuriti magnetvälja mõju ortopeedilistele klambritele: uuematel klambritel ferromagneetilised omadused puudusid ning vanematel mudelitel olid need väljendunud. Uuematele klambritele mõjuv jõud oli oluliselt väiksem kui vanemates mudelites tekkiv jõud. Suurte ortopeediliste fiksaatorite puhul võib lisaks nihkumisele esineda vibratsiooni, mida patsiendid tunnevad soojenemisena. Ortopeediliste välisfiksatsioonide korral on eriti oluline tootjainfo kasutatud osade sobivuse kohta MRT-uuringule (10).

Keha tätoveeringud ja (püsi)meik

Tänapäeval on levinud tätoveerimine nii kosmeetilisel kui ka dekoratiivsel eesmärgil, näiteks permanentne meik (tätoveeritud kulmud, silmalainer, huulevärv), naha tätoveeringud, nibuvälja rekonstruktsioon. Tätoveeringuteks kasutatav tint võib sisaldada metalliühendeid ning seetõttu võib põhjustada paikset soojenemist. Kuigi permanentsest tätoveeringust tingitud nahapõletused on väga harvad, on dokumenteeritud juhtum, kus patsient sai teise astme põletuse õlavarele kahe tätoveeringu piirkonda, kui läks lüüsisamba kaelaosa MRT-uuringule (24). Lisaks on kirjeldatud patsiendil silmalaineri tätoveeringust esimese astme põletust peapiirkonna MRT-uuringu järel (25). Peale soojenemise võivad tätoveeringud ning silmameik anda artefakte, mis võivad mimi-

keerida haigusi, näiteks silmameigi korral silmahaigust (tsiliaarkeha melanoomi või tsüsti).

Seega tuleb enne uuringut patsiendi käest uurida permanentse meigi ja tätoveeringute kohta, teavitada patsienti võimalikest mõjudest ning vajaduse korral tätoveeringu kohale asetada külm kompress (10). Mõningatel juhtudel võib tätoveering olla siiski uuringu vastunäidustus.

Sarnaselt tätoveerimisel kasutatava tindiga võivad ka lauvärvid sisaldada metalliühendeid. Seetõttu tuleb enne uuringut silmameik eemaldada, et vältida soojenemist/kuumenemist ning sellest tingitud kahjustusi.

Breketid

Paljud ortodontias kasutatavad breketid, implantaadid jms sisaldavad ferromagneetilisi ühendeid. Magnetväljas 3 teslat ja vähem ei ole nendes siiski täheldatud olulist soojenemist ega nihkumist. Ortodontilised aparaadid võivad põhjustada ka lokaalselt artefakte, mis ei sega aga pea uuringul koljusiseste struktuuride hindamist enam levinud sekventsides (10).

KOKKUVÕTE

Magnetresonantstomograafia võimaldab patsienti uurida ilma ioniseerivat kiirgust kasutamata ning uuringul on võimalik saada rohkelt infot uuritavast piirkonnast. Kuigi MRT on uurimismeetodina suhteliselt ohutu, tuleb mitmetes kliinilistes olukordades, mis on seotud kehasse paigutatud seadmete ja implantaatide või sinna sattunud võõrkehade, arvestada võimalike kaasnevate ohtudega. Et neid minimeerida, tuleb implanteeritud materjali kohta säilitada üksikasjalik info haigusloos ja see peab olema ka patsiendil. Raviarsti ülesanne on saatekirjas kirjalikult fikseerida info patsiendi implantaatide, seadmete, klipside või muude võõrkehade ja nende magnetiliste omaduste kohta. Saatekirjal peab olema info implantaadi/seadme tüübi kohta, selle asukoht ning tooteinfo MRT-uuringule sobivuse kohta. Ainult korrektselt edastatud info korral on võimalik muuta MRT-uuring patsiendile võimalikult ohutuks, sest magnetväli mõjutab patsienti tervenisti, mitte ainult uuritavat piirkonda. Kui infot patsiendi kehas oleva võõra materjali kohta ei ole saatekirjal, patsiendi haigusloos ega patsiendi käes,

siis hinnatakse MRT-uuringu potentsiaalne risk suuremaks kui võimalik saadav kasu ning uuring jäetakse ära.

VÕIMALIKU HUVIKONFLIKTI DEKLARATSIOON

Autoritel puudub huvikonflikt seoses artiklis kajastatud teemaga.

SUMMARY

Risks related to magnetic resonance tomography and ensurance of safety

Hanna-Kristiina Liiva¹, Mait Nigul¹, Pilvi Ilves^{1,2}

Magnetic resonance tomography is an effective imaging modality for assessing anatomy and the state of tissues of the region in question without using ionizing radiation. However, because of the application of a strong static magnetic field, there can arise issues related to the examination of patients with different implants and/or medical devices. In this article we discuss the different aspects of imaging safety in patients with implants, different medical devices, as well as potentially magnetic foreign bodies and pigments. The most important interactions are heating and implant/device movement which can potentially harm the patient and the implant/device. In order to ensure patient safety, appropriate information about the implant/device is needed beforehand.

KIRJANDUS / REFERENCES

1. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2017/745, milles käsitletakse meditsiiniseadmeid, millega muudetakse direktiivi 2001/83/EÜ, määrust (EÜ) nr 178/2002 ja määrust (EÜ) nr 1223/2009 ning millega tunnistatakse kehtetuks nõukogu direktiivid 90/385/EMÜ ja 93/42/EMÜ (5.04.2017). Euroopa Liidu Teataja L 117/1.
2. Chaljub G, Kramer LA, Johnson RF, Johnson RF Jr, Singh H, Crow WN. Projectile cylinder accidents resulting from the presence

- of ferromagnetic nitrous oxide or oxygen tanks in the MR suite. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177:27–30.
3. Chen DW. Boy, 6, dies of skull injury during M.R.I. *New York Times* 2001;31:1–5.
4. Hafeez M. Police probe shows ward boy at fault in MR at fault in MRI death, chargesheet likely in a week. *The Times of India* 2018;4.
5. Shellock FG, Crues JV. MRI Bioeffects, Safety, and Patient Management. Biomedical Research Publishing Group; 2014.
6. Beyerbach DM. Pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. *Medscape*. <https://emedicine.medscape.com/article/162245-overview#showall>.
7. Al-Jefairi N, Burri H. Relevance of guideline-based ICD indications to clinical practice. *Indian Heart J* 2014;66(Suppl 1):S82–S87.
8. Duc DH, Boyle NG. MRI in patients with implanted devices: current controversies. *Med Devices* 2014;7:115–24.
9. Colletti PM, Shinbane JS, Shellock FG. “MR-Conditional” pacemakers: the radiologist’s role in multidisciplinary management. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:1024.
10. MRI Safety. http://www.mrisafety.com/maint/vf_SafetyInformation/.
11. Muthalaly RG, Nerlekar N, Ge Y, Kwong RY, Nasir A. MRI in patients with cardiac implantable electronic devices. *Radiology* 2018;289:281–92.
12. Roguin A, Schwitzer J, Vahlhaus C, et al. Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace* 2008;10:336–46.
13. Santini L, Romano V, Santini M. MR conditional ICD technology: Update. <https://www.eplabdigest.com/articles/MR-Conditional-ICD-Technology-Update>.
14. SA Tartu Ülikooli infovoldik. Kohlea implantaat – “kuuldeaparaat” kurtidele. https://www.kliinikum.ee/korvakliinik/pildid/patsiendile/infovoldikud/eesti_keeles/sisekorvaimplantatsioon.pdf.
15. Cochlear™ Nucleus® Implants: designed for MRI compatibility. <https://www.cochlear.com/intl/home/discover/cochlear-implants/nucleus-implant-portfolio/cochlear-implants-and-mri>.
16. Klucznik RP, Carrier DA, Pyka R, Haid RW. Placement of a ferromagnetic intracerebral aneurysm clip in a magnetic field with a fatal outcome. *Radiology* 1993;187:855–6.
17. Shellock FG, Tkach JA, Ruggieri PM, et al. Aneurysm clips: evaluation of magnetic field interactions and translational attraction by use of “Long-Bore” and “Short-Bore” 3.0-T MR imaging systems. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24:463–71.
18. Diagnostic Imaging. Hemostatic clips and MRI procedures: Some are safe, some may not be. <https://www.diagnosticimaging.com/articles/hemostatic-clips-and-mri-procedures-some-are-safe-some-may-not-be>.
19. Prasad SK, Pennell DJ. Safety of cardiovascular magnetic resonance in patients with cardiovascular implants and devices. *Heart* 2004;90:1241–4.
20. Kelly WM, Paglen PG, Pearson JA, et al. Ferromagnetism of intraocular foreign body causes unilateral blindness after MR study. *Am J Neuroradiol* 1986;7:243.
21. Platt AS, Wajda BG, Ingram AD, et al. Metallic intraocular foreign body as detected by magnetic resonance imaging without complications – a case report. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2017;7:76–9.
22. Seidenwurm DJ, McDonnell CH 3rd, Raghavan N, Breslau J. Cost utility analysis of radiographic screening for an orbital foreign body before MR imaging. *Am J Neuroradiol* 21:426–33.
23. Shellock FG, Crues JV. MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. *Radiology* 2004;232:635–52.
24. Wagle WA, Smith M. Tattoo-induced skin burn during MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1795.

¹ Radiology Clinic, Tartu University Hospital, Tartu, Estonia,
² Department of Radiology, University of Tartu, Estonia

Correspondence to:
Hanna-Kristiina Liiva
hanna-kristiina.liiva@kliinikum.ee

Keywords:
magnetic resonance imaging, patient safety